

**KOMPARACIJA REZULTATA KALIBRACIJE MJERNIH SATOVA NA
UNIVERZALNOJ MJERNOJ MAŠINI ULM 600-01C I UREĐAJU 865
CARL MAHR**

**COMPARISON OF RESULTS OF CALIBRATION OF DIAL
INDICATORS ON UNIVERSAL MACHINERY MEASUREMENT ULM
600-01C AND INSTRUMENTS 865 CARL MAHR**

Nermina Zaimović – Uzunović, prof.dr.
Univerzitet u Zenici
Daut Denjo, v.prof.dr.
Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru

Milenko Puce mr.sc.
Zavod za ispitivanje kvalitete doo Mostar
Lejla Denjo, dipl.ing
Institut za mjeriteljstvo BiH, Sarajevo

REZIME

U ovom radu prikazani su rezultati kalibracije mjernih satova, mjernog opsega od 0 – 10 mm, na uređaju za provjeru mjernih satova, 865, Carl Mahr, a isto tako i na univerzalnoj mjernoj mašini ULM 01 – 600C, s ciljem utvrđivanja ukupne greške pokazivanja sata f_{ges} (μm). Proračunate su proširene mjerne nesigurnosti rezultata kalibracije na oba mjerna uređaja uzimajući u obzir sve procijenjene izvore nesigurnosti u toku procesa kalibracije.

Ključne riječi: Mjeriteljstvo, mjerni sat, kalibracija

ABSTRACT

This paper presents the results of the calibration of dial indicators, measuring range 0-10 mm, the instruments for checking the dial indicators, 865, Carl Mahr, as well as the universal measuring machines ULM 01 - 600C, in order to determine the total error of showing dial gauges f_{ges} (μm). Calculations were made for the extended measurement uncertainty of calibration on both measuring instruments taking into account all sources of estimated uncertainty during the calibration process.

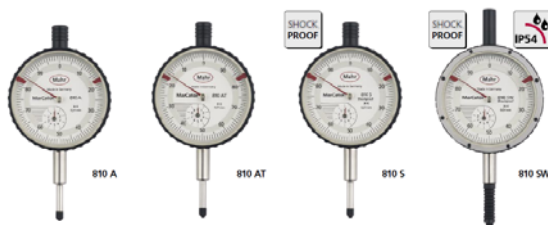
Keywords: Metrology, Dial Indicators, Calibration

1. UVOD

Mjerni satovi se kalibriraju u laboratorijskim uslovima na namjenskim uređajima za njihovo kalibraciju. Uređaji za kalibraciju mjernih satova su limitirani na mjerni opseg satova ≤ 10 mm, koliko iznosi maksimalni hod inkrementalnog mjernog ticala namjenskih uređaja. Kalibracija mjernih satova čiji je mjerni opseg veći od 10 mm i kreće se čak i do 100 mm se izvodi na specijalnim uređajima za kalibraciju istih, međutim kalibracioni laboratoriji u Bosni i Hercegovini ne raspolažu sa takvim uređajima. Kao alternativni uređaji ostaju univerzalne mjerne mašine za mjerenje dužina rezolucije 0,1 μm , koje od strane proizvođača nisu predviđene za kalibraciju mjernih satova. Prije svega namjenjene su za vrlo precizna mjerenja i kalibraciju glatkih cilindričnih kontrolnika, mjernih prstenova, navojnih tolerancijskih mjerila, mjernih račvi itd. Konstrukcijom i izradom posebnog nosača za mjerne satove se omogućava i kalibracija mjernih satova i na univerzalnoj mjernoj mašini za dužine.

2. ZNAČAJ I ULOGA MJERNIH SATOVA U TEHNICI MJERENJA DUŽINA

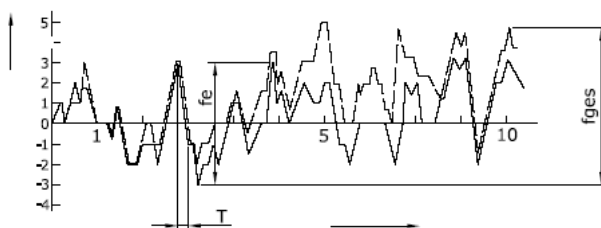
Zbog svestranih mogućnosti i visokog stepena rasprotranjenosti, mehanički mjerni satovi se ubrajaju u klasične bazne uređaje industrijske tehnike mjerenja dužina. Prve konstrukcije mjernih satova su poznate iz 1890 godine. Mjerni sat ili komparator je precizni mjerni instrument koji pokazuje odstupanje od mjere, a ne samu mjeru. Često se sa njima kontroliraju odstupanja od oblika i položaja obrađenih površina. U pravilu se podešavaju sa kombinacijom paralelnih graničnih mjerki.



Slika 1. Izvedbe mjernih satova sa vrivrijednosti podioka 0,01mm i mjernih raspona 10mm

Tabela 1. Zahtjevi na mjerne satove prema DIN 878 sa vrijednošću podioka skale 0,01 mm, granične vrijednosti odstupanja raspona f_e , odstupanje raspona u dijelu mjernog raspona f_t , ukupnog odstupanja raspona f_{ges} i vrijednosti raspona u obrnutom smjeru f_u .

Mjerni raspon mm	f_e μm	f_t μm	f_{ges} μm	f_w μm	f_u μm
0,4	7	5	9	3	3
0,8	7		9		
3	10		12		
5	12		14		
10	15		17		



Slika 2. Dijagram za odstupanje mjernog raspona f_e i f_{ges} kao i f_u mjernog sata sa mjernim rasponom 10 mm.

3. EKSPERIMENTALNI DIO RADA

Eksperimentalni dio rada je rađen na univerzalnoj mjernoj mašini ULM 01 – 600C u Laboratoriju za proizvodnu mjernu tehniku Mašinskog fakulteta u Sarajevu i Laboratoriju Lotrič u Mostaru.



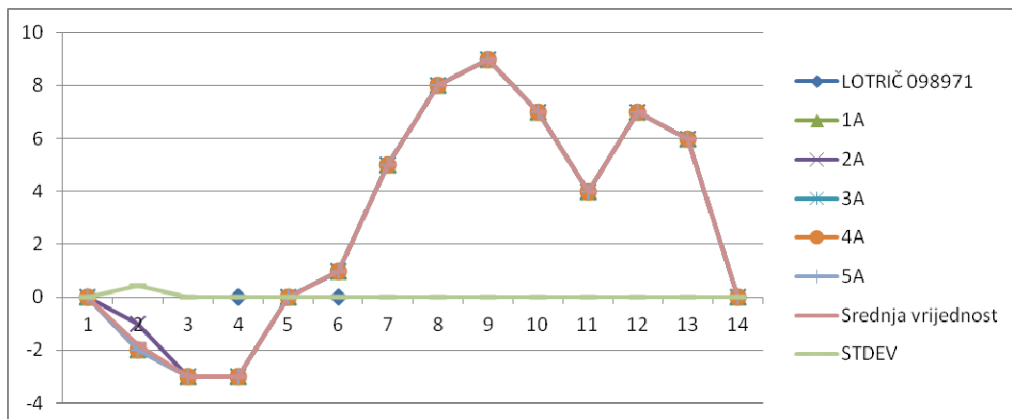
Slika 3. Kalibracija mjernih satova na univerzalnoj mjerneoj mašini ULM-01 600C i uređaju za provjeru mjernih satova Carl Mahr 865

Tabela 2. Tabela prikaz rezultata kalibracije mjernog sata br. 098971 u laboratoriju Lotrič

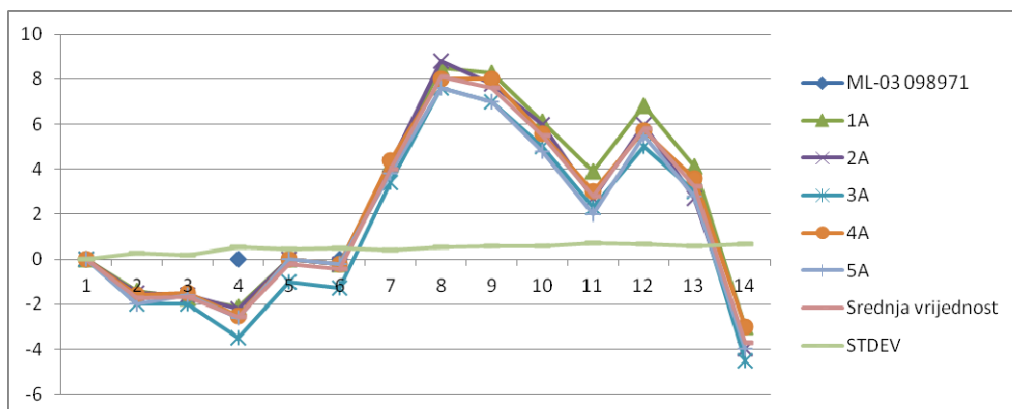
LOTRIČ	<u>Opterećenje</u> mjernog vretena mjernog sata. odstupanja u (μm), a mjerne točke u (mm)													
	0	0,9	1,7	2,5	3,3	4	4,8	5,6	6,2	7,1	7,9	8,5	9,4	10
1A	0	-2	-3	-3	0	1	5	8	9	7	4	7	6	0
2A	0	-1	-3	-3	0	1	5	8	9	7	4	7	6	0
3A	0	-2	-3	-3	0	1	5	8	9	7	4	7	6	0
4A	0	-2	-3	-3	0	1	5	8	9	7	4	7	6	0
5A	0	-2	-3	-3	0	1	5	8	9	7	4	7	6	0
sr.vrij.	0	-1,8	-3	-3	0	1	5	8	9	7	4	7	6	0
STDEV	0	0,44 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 3. Tabela prikaz rezultata kalibracije mjernog sata br. 098971 u laboratoriju ML-03

ML-03	<u>Opterećenje</u> mjernog vretena mjernog sata br. odstupanja u (μm), a mjerne točke u (mm)													
	0	0,9	1,7	2,5	3,3	4	4,8	5,6	6,2	7,1	7,9	8,5	9,4	10
1B	0	-1,4	-1,7	-2,1	0	-0,2	4,2	8,5	8,3	6,1	3,9	6,8	4,1	-3
2B	0	-1,5	-1,6	-2,2	0	-0,2	4,2	8,8	7,8	6	2,7	6	2,7	-4
3B	0	-2	-2	-3,5	-1	-1,3	3,4	7,6	7	5	2,3	5	3	-4,5
4B	0	-1,6	-1,5	-2,5	0	-0,2	4,4	8	8	5,6	3	5,7	3,6	-3
5B	0	-2	-1,6	-2,6	0	-0,2	3,8	7,6	7	4,8	2	5,5	2,8	-4
sr.vrij.	0	-1,7	-1,68	-2,6	-0,2	-0,42	4	8,1	7,6 2	5,5	2,78	5,8	3,2 4	-3,7
STDEV	0	0,283	0,192	0,55	0,45	0,492	0,4	0,539	0,59	0,58	0,733	0,67	0,59	0,7



Slika 4. Dijagramski prikaz rezultata kalibracije mjernog sata br. 098971



Slika 5. Dijagramski prikaz rezultata kalibracije mjernog sata br. 098971

4.1 Proračun mjerne nesigurnosti

Matematski model

$$G = l_i - l_s + L \cdot \bar{\alpha} \cdot \Delta t + \delta_i + \delta_R + \delta_M \quad \dots \dots \dots (1)$$

G - odstupanje (greška pokazivanja) sata (µm)

l_i - pokazivanje mjernog sata(mm)

l_s - pokazivanje mjernog uređaja (mm)

L - nazivna duljina hoda (sata i uređaja) (mm)

$\bar{\alpha} = \frac{(\alpha_x + \alpha_s)}{2}$, prosječan koeficijent linearnog termičkog širenja materijala sata i uređaja;

Δt - odstupanje prosječne temperature mjernog sata i uređaja od referentne temp. $t_0=20$ °C

δ_i - korekcija koja uzima u obzir nesigurnost pripisanu mjeritelju (paralaksa)

δ_R - korekcija koja uzima u obzir ograničenu rezoluciju mjernog sata

δ_M - korekcija koja uzima u obzir mehaničke efekte (radijalni zazor mjernih vretena sata i uređaja u njihovim ležištima, nekoaksijalnost osa mjernih vretena sata i uređaja-tzv. cosinus greške).

Tabela 4. Budžet mjerne nesigurnosti u Laboratoriji Lotrič

Veličina X_i	Standardna nesigurnost $u(x)$	Koeficijent osjetljivosti c_i	Raspodjela	Stepen slobode v	Doprinos $u_i(y)$ μm
l_s	0,75	-1	normalna	> 100	-0,75
$\bar{\alpha}$	$0,58 \cdot 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$	10000	pravokut.	50	0,00029
$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	0,029	0,115	pravokut.	>100	0,0033
δ_i	0,79	1	pravokut.	>100	0,8
δ_R	2,89	1	pravokut.	>100	2,90
δ_M	0,433	1	pravokut.	>100	0,43
$G=[f_u, f_e, f_{ges}]$					3,138

Proširena mjerna nesigurnost: $U = 6,3\mu\text{m}$; $k = 2$

Tabela 5. Budžet mjerne nesigurnosti u Laboratoriji ML 03

Veličina X_i	Standardna nesigurnost $u(x)$	Koeficijent osjetljivosti c_i	Raspodjela	Stepen slobode v	Doprinos $u_i(y)$ μm
l_s	0,45	-1	normalna	> 100	-0,45
$\bar{\alpha}$	$0,58 \cdot 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$	10000	pravokut.	50	0,00029
$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	0,058	0,115	pravokut.	>100	0,007
\varnothing_i	0,79	1	pravokut.	>100	0,8
\varnothing_R	2,89	1	pravokut.	>100	2,90
\varnothing_M	0,26	1	pravokut.	>100	0,26
$G=[f_u, f_e, f_{ges}]$					3,053

Proširena mjerna nesigurnost: $U = 6,1\mu\text{m}$; $k = 2$

5. ZAKLJUČAK

Kalibracija mjernih satova na uređaju 865 Carl Mahr se izvodi u vertikalnom položaju mjernog vretena (opterećenje i rasterećenje mjernog vretena), dok se kalibracija mjernih satova na univerzalnoj mjernoj mašini izvodila sa horizontalnim položajem mjernog vretena (opterećenje i rasterećenje mjernog vretena). Kalibracija je provedena na pet (5) uzoraka (mjernih satova sa istim mjernim opsegom i rezolucijom), sa pet ponovljenih mjerenja na svakom uzorku u 14 mjernih točaka (14 pri opterećenju i 14 pri rasterećenju mjernog vretena), što je uobičajna praksa prema GUM-u i EA – 4/02 za utvrđivanje eksperimentalnog standardnog odstupanja.

Provedena komparativna analiza rezultata kalibracije i proširenih mjernih nesigurnosti na oba uređaja primjenom Studentovog t – testa za provjeru odstupanja srednjih vrijednosti na bazi uzoraka je pokazala da je razlika srednjih vrijednosti odstupanja (pri opterećenju i

rasterećenju mjernog vretena) na jednom mjernom satu signifikantna, dok na drugom mjernom satu signifikantna je samo pri rasterećenju. Razlika odstupanja srednjih vrijednosti na ostalim uzorcima (opterećenje i rasterećenje mjernog vretena) nije signifikantna.

Na osnovu naprijed navedenog, može se zaključiti da se kalibracija mjernih satova može izvoditi i na univerzalnoj mjernoj mašini za dužinu u horizontalnom položaju mjernog vretena bez obzira na značajnost razlika srednjih vrijednosti na dva mjerna sata, jer isti zadovoljavaju zahtjeve standarda DIN-a 878.

6. LITERATURA

- [1] GUM – Vodič za izražavanje mjerne nesigurnosti (1995); BIMP, IEC, IFCC, IUPAC, IUPAP, OIML,
- [2] VIM – International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology
- [3] EA -4/02 Izražavanje mjerne nesigurnosti pri kalibraciji (decembar 1999),
- [4] DIN 878 (2006)-Geometrical product specifications (GPS)-Mechanical dials gauges –Limits for metrological characteristics
- [5] DIN 879 (1999)- Verification of geometrical parameters-Dial indicators for linear measurements, Part 1: With mechanical indication
- [6] Dr E. Seferović; H. Bašić (Mašinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo 2005) – Osnovi metrologije i obrada rezultata mjerenja.
- [7] Dr N. Zaimović-Uzunović; S. Lemeš; D. Denjo; A. Softić (Mašinski fakultet u Zenici, Zenica 2009) – Proizvodna mjerenja,